

# **Aplikasi Respon Getar Untuk Fenomena Kavitasasi Pada Pompa Sentrifugal Dengan Variasi Kerusakan Impeler**

**Maskuh Astriyanto, Wijianto, Subroto**

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan Kartasura

*Pada sistem pemipaan dengan menggunakan pompa sentrifugal dapat menimbulkan terjadinya penurunan tekanan pada saluran isap pompa sampai dibawah tekanan uap jenuhnya sehingga timbul gelembung uap atau fenomena kavitasasi. Hal tersebut menjadi kendala utama industri-industri kimia dan minyak yang menggunakan pompa sebagai alat utamanya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui respon getaran yang terjadi dan fenomena kavitasasi pada pompa sentrifugal dengan cara memvariasi kerusakan impeller.*

*Penelitian ini di mulai dengan perakitan semua peralatan termasuk manometer vakum dan tekan, rota meter. Dilanjutkan dengan membuat variasi kerusakan pada impeller pompa menjadi empat level kerusakan yaitu variasi I, variasi II, variasi III, dan variasi IV yang berturut-turut semakin besar level kerusakannya. Pengujian ini dilakukukan dengan mengukur tekanan pada saluran isap dengan saluran tekan pompa dan mengukur getaran pompa.*

*Kondisi kavitasasi pada rangkaian alat uji ini belum terpenuhi karena tekanan terukur pada sisi isap pompa masih lebih besar dari tekanan uap jenuhnya. Semakin besar kerusakan impeler maka tekanan isap(suction) pompa semakin naik. Semakin besar kerusakan impeler maka tekanan pada sisi tekan(discharge) pompa semakin turun. Kerusakan impeler tidak berpengaruh terhadap kenaikan tertinggi nilai accelerometer.*

**Kata Kunci : Pompa, Kavitasasi, Impeler, Getaran.**

## PENDAHULUAN

. Kavitasi dapat terjadi pada zat cair yang sedang mengalir, baik di dalam pompa maupun pipa, tempat-tempat bertekanan rendah atau yang berkecepatan tinggi di dalam aliran sangat rawan terhadap terjadinya kavitasi. Sedangkan kavitasi sendiri adalah gejala menguapnya zat cair yang sedang mengalir karena tekanannya berkurang sampai di bawah tekanan uap jenuhnya. Misalnya, air pada tekanan 1 atm akan mendidih dan menjadi uap jenuh pada temperatur  $100^{\circ}\text{C}$ . Tetapi jika tekanan diturunkan, maka air akan mendidih pada temperatur yang lebih rendah. Jika tekanan cukup rendah maka pada temperatur kamar pun air dapat mendidih.

Kavitasi menjadi masalah utama dalam berbagai industri terutama industri kimia dan minyak yang menggunakan pompa sentrifugal sebagai alat utamanya.

Pompa yang dioperasikan dalam kondisi kavitasi akan menimbulkan suara bising yang diakibatkan gelembung-gelembung uap pecah secara kontinyu karena tekanan tinggi disekelilingnya. Getaran pada pompa akan muncul jika gelembung-gelembung uap yang pecah dalam jumlah yang banyak mengenai dinding *casing* dengan intensitas yang tinggi. Getaran ini yang akan dideteksi dengan menggunakan respon getar.

Suyanto, dkk. (2005), melakukan penelitian menggunakan getaran dan SPL (*sound pressure level*). Fenomena kavitasi dapat dilihat dengan peningkatan frekuensi dari respon getar, yang terjadi pada frekwensi 100Hz sampai 500Hz.

Frekuensi tersebut masih dapat diindikasikan sebagai *impeller imbalance*, frekuensi kerusakan sudu pompa, frekuensi harmonisasi dari komponen-komponen pendukung atau frekuensi pengaruh putaran motor.

Hal tersebut di pandang menarik penulis melakukan penelitian kembali dengan topik “Aplikasi Respon Getar untuk Fenomena Kavitasi Dengan Variasi Kerusakan Impeler pada Pompa Sentrifugal”.

## BATASAN MASALAH

Oleh karena itu dalam pembuatan rancang bangun berpegang pada batasan masalah berikut :

- Pompa yang dipilih adalah pompa sentrifugal.
- Variasi kondisi kerja yang akan diuji pada pengujian ini adalah pada kondisi kavitasi dimana hanya kerusakan impeler yang di buat variasi.
- Analisis hanya pada frekwensi kavitasi dengan variasi kerusakan impeler.

## TUJUAN PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan disini bertujuan untuk :

- untuk mendeskripsikan analisa getaran yang terjadi akibat fenomena kavitasi melalui rancang bangun alat uji kavitasi pada pompa sentrifugal dengan variasi kerusakan impeler.
- untuk mengetahui pengaruh kerusakan impeler terhadap tekanan dan kavitasi.

## TINJAUAN PUSTAKA

Karassik dkk, (1976) Menyatakan bahwa kavitasi adalah peristiwa terbentuknya gelembung-gelembung uap di dalam cairan yang dipompa akibat turunnya tekanan cairan sampai di bawah tekanan uap jenuh. Gelembung uap yang terbentuk dalam proses ini mempunyai siklus yang sangat singkat. Terbentuknya gelembung sampai gelembung pecah hanya memerlukan waktu sekitar 0,003 detik. Peristiwa ini bila dibiarkan terjadi dalam jangka waktu yang lama akan menyebabkan terjadinya kerusakan pada dinding pipa.

Jensen dan Dayton (2000), melakukan eksperimen dengan mendeteksi fenomena kavitasi pada pompa sentrifugal dengan variasi putaran motor menempatkan sensor getaran di dua titik (vertikal dan horisontal). Hasil pengukuran getaran disimpulkan bahwa kavitasi akibat penurunan tekanan ditandai dengan pergeseran amplitudo pada frekuensi 5 X menjadi 3,5 X

Josefberg (2002), dalam penelitian mengenai sistem deteksi dini dalam memprediksi umur pompa akibat kavitasi mengatakan bahwa dalam peristiwa kavitasi bagian yang paling parah terkena akibat kavitasi tersebut adalah impeler dan prediksi umur pompa juga ditandai dengan peningkatan amplitudo pompa.

Rouben dkk (1997), mendeteksi munculnya kavitasi pada pompa menggunakan emisi akustik. Dari penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa kavitasi berada pada rentang 0,1- 1 MHz, dan diperoleh kesimpulan bahwa pengaruh kavitasi terhadap

penurunan nilai NPSH dari 20 m menjadi 10 m setelah kavitasi.

Alfayez (2004), meneliti tentang munculnya kavitasi pada pompa sentrifugal ditandai dengan peningkatan amplitudo yang diukur secara bersamaan dengan penurunan nilai NPSH pada kondisi pompa yang sama 60 kW dan debit air 101 m<sup>3</sup>/jam. Hasil penelitian tersebut diperoleh munculnya kavitasi dalam bentuk grafik sesuai dengan gambar 2.5. dan kavitasi semakin tinggi sejalan dengan peningkatan debit aliran pompa.

## LANDASAN TEORI

Pompa adalah mesin yang digunakan untuk memindahkan cairan dari permukaan yang rendah ke permukaan yang lebih tinggi atau dari daerah yang bertekanan rendah ke daerah yang bertekanan tinggi.

Pompa sentrifugal mempunyai sebuah impeler (baling-baling) untuk mengangkat zat cair dari tempat yang rendah ke tempat lebih tinggi. Pompa sentrifugal bekerja karena ada pengaruh input daya yang kemudian dapat menggerakkan sudu-sudu. Karena timbul gaya sentrifugal maka zat cair mengalir dari tengah impeler keluar melalui saluran sudu-sudu.

Frekuensi sudu didefinisikan sebagai perkalian dari jumlah sudu dengan putaran poros pompa atau poros motor dalam satuan Hz. Secara matematis dapat ditulis

$$BPF = Nbl \times Rpm$$

dimana :

BPF = Frekuensi putaran sudu (Hz)

Nbl = Jumlah sudu-sudu dari pompa

Rpm = Putaran poros pompa (rpm)

Frekuensi yang dipengaruhi oleh *belt* didefinisikan sebagai

banyaknya putaran penuh dari *belt* tiap satuan waktu dalam menit. Dengan persamaan matematis dapat ditulis sebagai berikut :

$$F_b = \frac{\pi \times S_d \times \text{Rpm}}{B_1}$$

dimana :

$F_b$  = Frekwesi *belt* (Hz)

$S_d$  = Diameter *pulley* (mm)

Rpm = Putaran dari *pulley* (rpm)

$B_1$  = Panjang *belt* (mm)

NPSH yang tersedia ialah *head* yang dimiliki oleh zat cair pada sisi isap pompa ekuivalen dengan tekanan mutlak pada sisi isap pompa, dikurangi dengan tekanan uap jenuh zat cair di tempat tersebut. besarnya NPSH yang tersedia dapat ditulis sebagai berikut (Sularso, 2004) :

$$h_{sv} = \frac{P_a}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} - h_s - h_{ls}$$

di mana :

$h_{sv}$  = NPSH yang tersedia (m)

$P_a$  = Tekanan atmosfer ( $\text{N/m}^2$ )

$P_v$  = Tekanan uap jenuh ( $\text{N/m}^2$ )

$\gamma$  = Berat zat cair per satuan volume ( $\text{N/m}^3$ )

$h_s$  = *Head* isap statis (m)

Agar pompa dapat bekerja tanpa mengalami kavitasi, maka harus dipenuhi persyaratan berikut : NPSH yang tersedia > NPSH yang diperlukan

Jika head total pompa pada titik efisiensi maksimum dinyatakan sebagai  $H_n$ , dan NPSH yang diperlukan untuk titik ini  $H_{svN}$ , maka  $\sigma$  didefinisikan sebagai

$$\sigma = \frac{\text{NPSH}}{H}$$

bilangan  $\sigma$  ini disebut “koefisien kavitasi Thoma”.

Putaran spesifik dari pompa di definisikan sebagai berikut:

$$S = n \frac{Q_N^{0.5}}{H_{svN}^{0.75}}$$

dimana :

$n$  : putaran poros (rpm)

$Q_N$  : Kapasitas maksimum yang dihasilkan pompa ( $\text{m}^3/\text{min}$ )

$H_{svN}$  : NPSH yang di perlukan.

Sering kali orang menggunakan bilangan “kecepatan spesifik isap” sebagai pengganti perhitungan dengan  $\sigma$ .

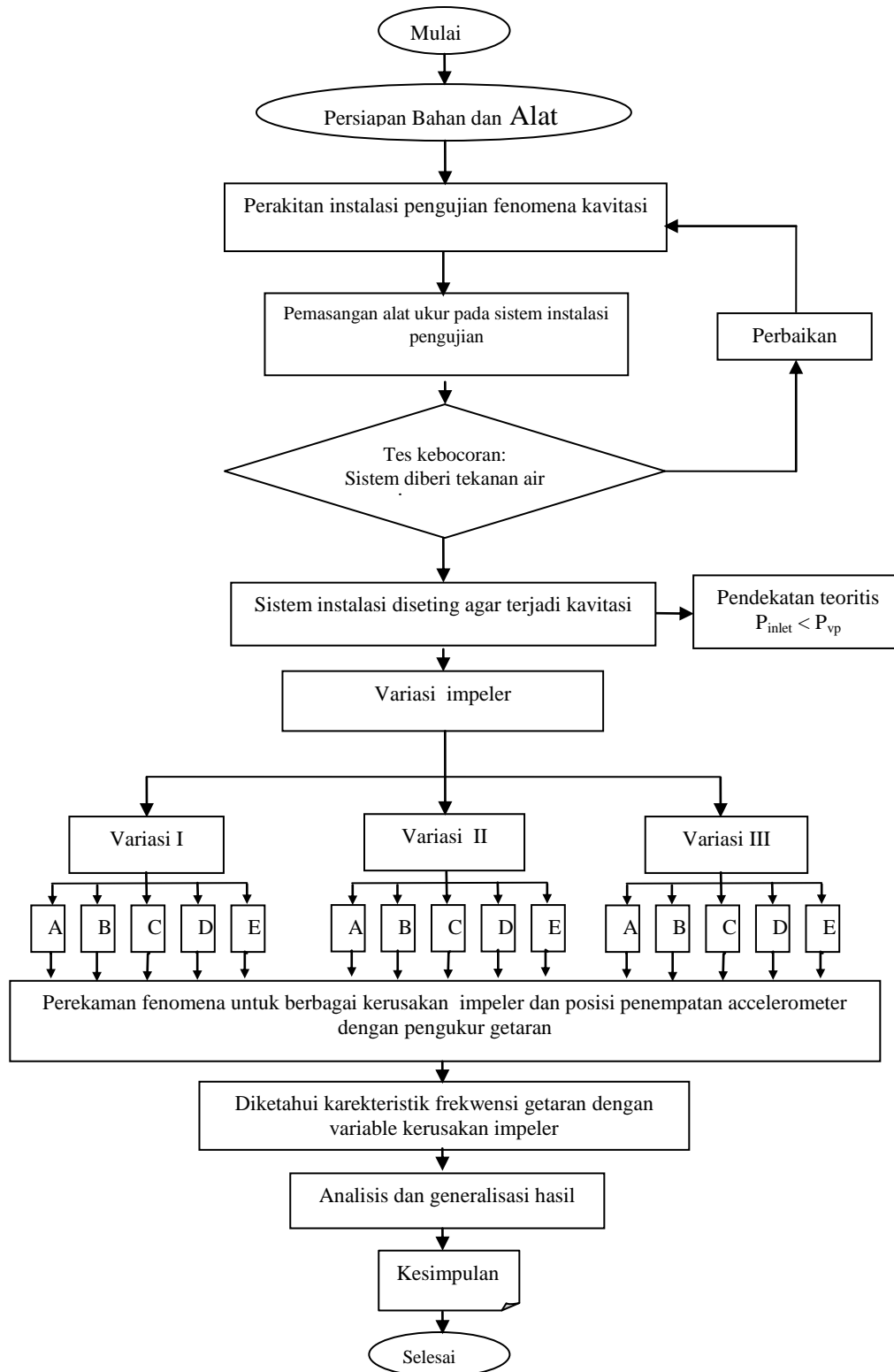
Getaran merupakan gerak dinamis bolak-balik pada proses mekanis yang memiliki satu titik referensi. Gerak harmonis adalah bentuk sederhana dari getaran, dimana perpindahan posisi dari elemen yang bergerak merupakan fungsi dari waktu yang berlangsung secara periodik dalam rentang amplitudo tertentu.

Goldman (1999), menyatakan bahwa cara paling mudah untuk menganalisa frekuensi suatu hasil plot spektrum adalah dengan membandingkan frekuensi alami dari masing-masing komponen yang digunakan.

## METODE PENELITIAN

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan sesuai dengan diagram alir pada gambar dibawah ini :

**Gambar1. Diagram Alir Penelitian**



### A. Alat Penelitian

Alat ukur yang digunakan dalam eksperimen terdiri dari:

1. alat ukur tekanan isap( *suction*)
2. alat ukur tekanan discharge
3. Tachometer (pengukur kecepatan)
4. rotameter (pengukur debit air)
5. Thermometer (pengukur suhu air)

### B. alat pengukur getaran

1. *Tranduser Piezoelectric Accelerometer type 4370*  
Alat ini digunakan untuk mendeteksi getaran (detector getaran) dimana kerjanya adalah merubah getaran kedalam besaran listrik.  
Spesifikasi :  
Produksi : Bruel & Kejaer  
Tipe : 2635
2. *Charge Amplifier*  
Alat ini berfungsi sebagai penguat arus yang diterima oleh tranduser.  
Spesifikasi :  
Produksi : Bruel & Kejaer  
Tipe : 4391
3. *Accelerometer Calibrator*  
Alat ini berfungsi untuk mengkalibrasi accelerometer agar sesuai dengan model dan type alat.  
Spesifikasi :  
Produksi : Bruel & Kejaer  
Tipe : 4391
4. *Nasional Instrument*  
Adalah suatu perangkat keras yang berfungsi untuk merubah sinyal getaran yang ditangkap oleh accelerometer yang kemudian di distribusikan ke perangkat lunak *notebook*.  
Spesifikasi :  
Produksi : National Instrument  
Tipe : 6251
5. *Notebook*  
Adalah suatu perangkat keras yang didukung dengan

*software labview* yang dapat membaca sinyal getaran dari *acelerometer*

Spesifikasi :

Produksi : Compaq  
Tipe : V3000  
Software : Labview 8.1

### C. bahan

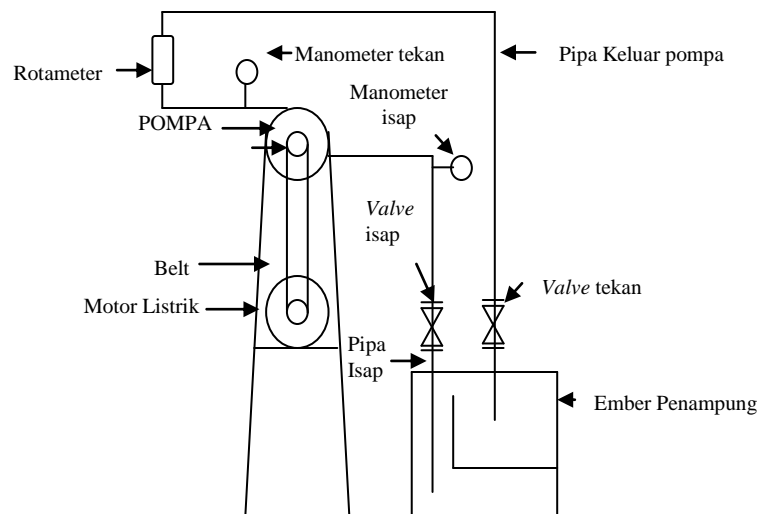
Adapun bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Pompa sentrifugal
2. Impeler pompa
3. Motor penggerak
4. Instalasi Pipa
5. Pulley dan *Belt*

### D. perakitan bahan penelitian

Pompa dipasang sejajar dengan motor listrik di bawahnya. Putaran motor listrik di transmisikan ke pompa melalui pulley dan belt.

### Gambar 2. Sketsa Pemasangan Pompa



**Gambar 3. Perakitan Pompa**



### **E. Pemasangan Pengukur Getaran**

Pengukur getaran ini terdiri dari beberapa komponen antara lain *tranduser*, *calibrator*, kabel data, *nasional instrument*, *charge amplifier*, komputer *analyzer*.

#### **1 Tranduser *Piezoelectric Accelerometer type 4370***

Alat ini digunakan untuk mendeteksi getaran (*detector getaran*) dimana kerjanya adalah merubah getaran kedalam besaran listrik.

#### **2 Charge Amplifier**

Alat ini berfungsi sebagai penguat arus yang diterima oleh *tranduser*.

Spesifikasi :

Produksi : *Bruel & Kejaer*  
Tipe : 2635

#### **3 Accelerometer *Calibrator***

Alat ini berfungsi untuk mengkalibrasi *accelerometer* agar sesuai dengan model dan type alat.

Spesifikasi :

Produksi : *Bruel & Kejaer*  
Tipe : 4391

#### **4 Nasional *Instrument***

Adalah suatu perangkat keras yang berfungsi untuk merubah sinyal getaran yang ditangkap oleh *accelerometer* yang kemudian di distribusikan ke perangkat lunak *notebook*.

Spesifikasi :

Produksi : *National Instrument*  
Tipe : 6251

#### **5 Notebook**

Adalah suatu perangkat keras yang didukung dengan *software labview* yang dapat membaca sinyal getaran dari *acelerometer*

Spesifikasi :

Produksi : *Compaq*  
Tipe : V3000  
Software : *Labview 8.1*

### **F. Langkah Penelitian**

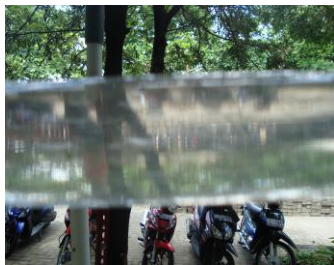
Eksperimen tentang kavitasi ini dilakukan di Laboratorium Accustik dan Getaran Mekanis, Teknik Mesin, Universitas Gajah Mada Yogyakarta. Waktu Pengambilan data getaran akibat kavitasi pompa dilakukan mulai bulan Desember 2009 sampai bulan Januari 2010.

Pelaksanaan eksperimen diawali dengan pemasangan pompa dan pembuatan kedudukan pompa serta perangkaian instalasi pompa yang mana instalasi tersebut dimungkinkan terjadi kavitasi. Sebagai indikasi awal bahwa pompa mengalami kavitasi adalah dengan menurunkan tekanan isap pompa, dengan cara menutup katup pada saluran isap sehingga timbul gelembung uap. Gelembung ini dapat dilihat pada *acrylic pipe* transparan disisi *suction* pompa seperti terlihat pada gambar 3.6a.

**Gambar 4. Gelembung uap disisi *suction(a)* dan *discharge(b)***



(a)



(b)

Langkah berikutnya yaitu dengan penambahan parameter ukuran antara lain: manometer vakum dan tekan, termometer, tachometer, rotameter, dll. Setelah instalasi siap untuk di lakukan eksperimen tanpa terjadi kebocoran terutama disisi isap pompa, kemudian mempersiapkan perangkat pengukur getaran yang terdiri dari transducer, kabel data, *charge Amplifier*, *vibrationmeter*, *nasional instrument*, *computer analyzer*

Adapun proses pengambilan data adalah sebagai berikut:

1. mengisi pipa pada saluran isap dengan air.
2. Memastikan bahwa seluruh saluran yang akan dilewati fluida telah terbuka, dengan membuka

penuh katup pada seluruh saluran sirkulasi.

3. Menghidupkan motor sekaligus mengatur putaran motor dengan menggunakan perbandingan diameter *pulley*. Setting putaran motor dari putaran 1440 rpm menjadi kurang lebih 1900 rpm sampai dengan 2000 rpm pada pompa.
4. Pengaturan tekanan di pipa tekan dilakukan dengan menutup secara perlahan-lahan katub dari saluran hisap(*suction*) sampai didapatkan nilai tekanan yang diharapkan untuk memastikan agar terjadi kavitasi atau tidak.
5. Setelah terjadi kavitasi baca seluruh alat ukur yang tersedia sebagai hasil output dari perlakuan tersebut mulai dari tekanan di manometer di *suction*, *discharge*. Pembacaan hasil debit dapat dilakukan dengan membaca pada flowmeter.
6. Secara bersamaan getaran pompa direkam dengan *software* yang kemudian dapat ditampilkan pada layar monitor berupa grafik.



## PEMBAHASAN

### A. Indikasi Awal Kavitas

Sebagai indikasi awal bahwa pompa mengalami kavitas adalah dengan menurunkan tekanan isap pompa, dengan cara menutup katup sedikit demi sedikit hingga timbul gelembung. Gelembung ini dapat dilihat pada *acrilic pipe* transparan disisi suction pompa. Tekanan terukur pada 0.2bar(20 kPa), sedangkan tekanan uap jenuh air pada suhu 27<sup>0</sup> C adalah 3. 59 kPa. Dimana kavitas terjadi pada kondisi tekanan terukur pada suction pompa harus lebih kecil dari tekanan uap jenuhnya. Dalam penelitian ini tekanan pada suction masih lebih besar dari tekanan uap jenuhnya. Sehingga syarat terjadinya kavitas pada penelitian ini belum terpenuhi.

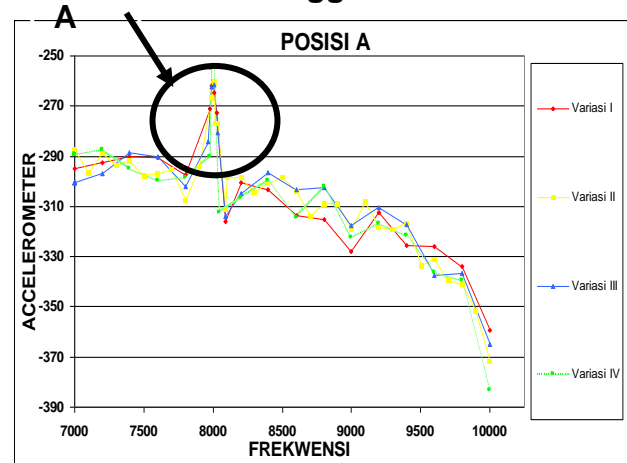
### B. hasil penelitian

#### Posisi A

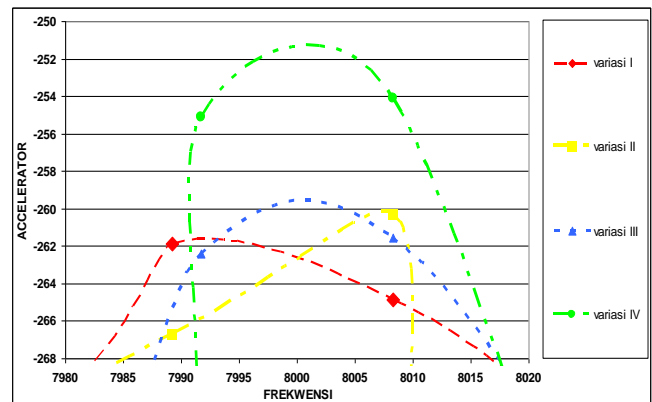
**Gambar4. Table accelerometer tertinggi pada posisi A**

Variasi Impeller	Frekwensi (Hz)	Accelerometer tertinggi (m/s <sup>2</sup> )
Variasi I	7989, 25	-261, 854
Variasi II	8011, 25	-260, 27
Variasi III	7989, 25	-261, 54
Variasi IV	8008, 25	-254, 1

**Gambar 5. Hubungan frekwensi dan accelerometer tertinggi**



**Gambar 6. Pembesaran area A pada gambar 5**



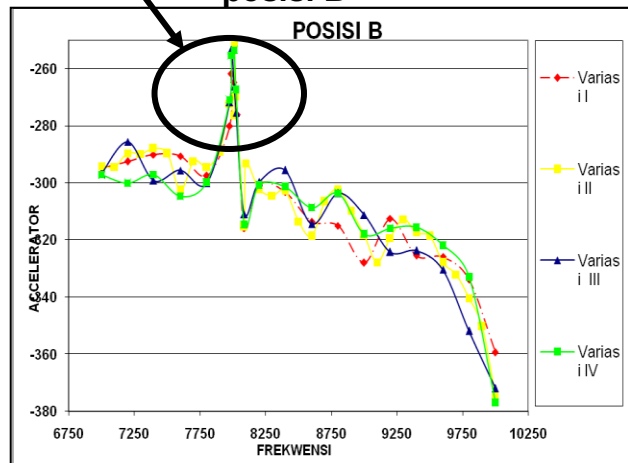
Pada posisi penempatan tranduser di posisi A menunjukkan getaran terbesar pada penggunaan sudu dengan tingkat kerusakan tertinggi yaitu variasi IV dengan nilai accelerometer -254,1m/s<sup>2</sup>.

### Posisi B

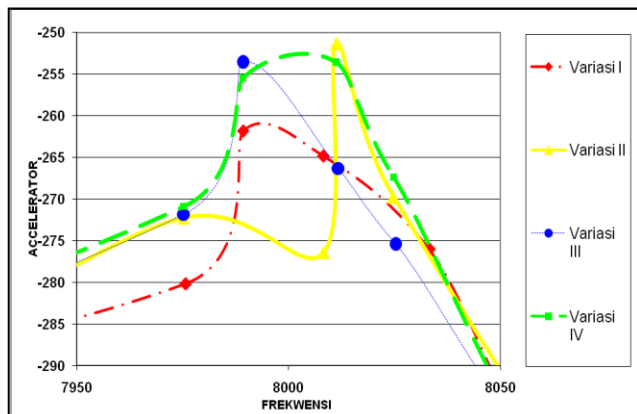
**Gambar 7. Tabel accelerometer tertinggi posisi B**

Variasi impeler	Frakwensi Hz	Accelerometer Tertinggi (m/s <sup>2</sup> )
Variasi I	7989.25	-261.85
Variasi II	8011.25	-251.33
Variasi III	7989.25	-253.57
Variasi IV	8011.25	-253.58

**Gambar 8. Hubungan frekwensi dan accelerometer posisi B**



**Gambar 9. Pembesaran area B pada gambar 8**



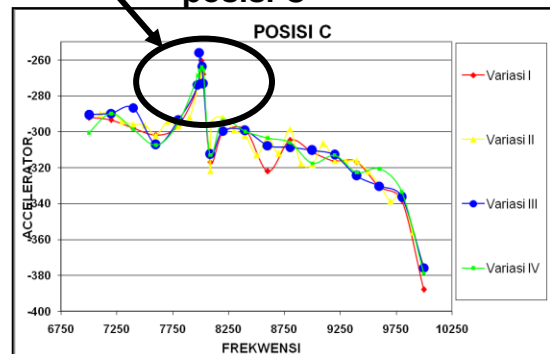
pada posisi B getaran terbesar terjadi pada variasi II dengan nilai accelerometer -251.33 m/s<sup>2</sup>.

### Posisi C

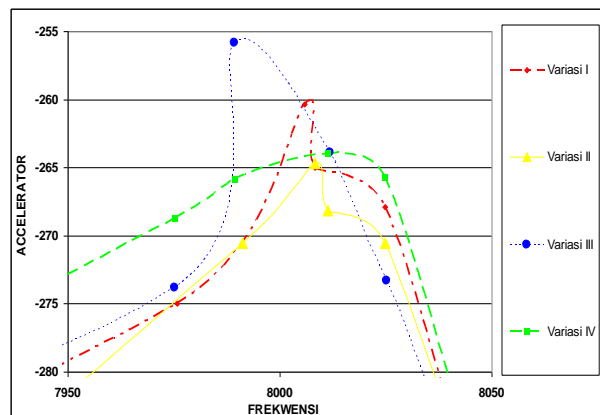
**Gambar 10. Tabel accelerometer tertinggi posisi C**

Variasi impeler	Frakwensi Hz	Accelerometer Tertinggi (m/s <sup>2</sup> )
Variasi I	8005.75	-260.35
Variasi II	8008.25	-264.48
Variasi III	7989.25	-255.85
Variasi IV	8011.25	-263.98

**Gambar 11. Hubungan frekwensi dan accelerometer posisi C**



**Gambar 12. pembesaran area C pada gambar 11**



### Posisi D

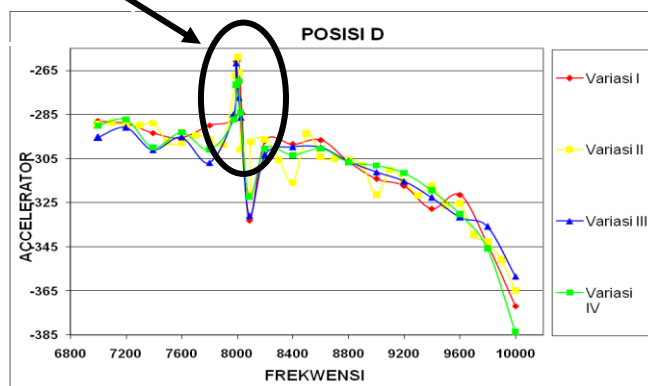
**Gambar 13. Tabel accelerometer tertinggi posisi D**

Variasi impeler	Frakwensi Hz	Accelerometer Tertinggi (m/s <sup>2</sup> )
Variasi I	8008. 25	-260. 138
Variasi II	8008. 25	-259. 092
Variasi III	7991. 75	-261. 556
Variasi IV	8011. 25	-269. 806

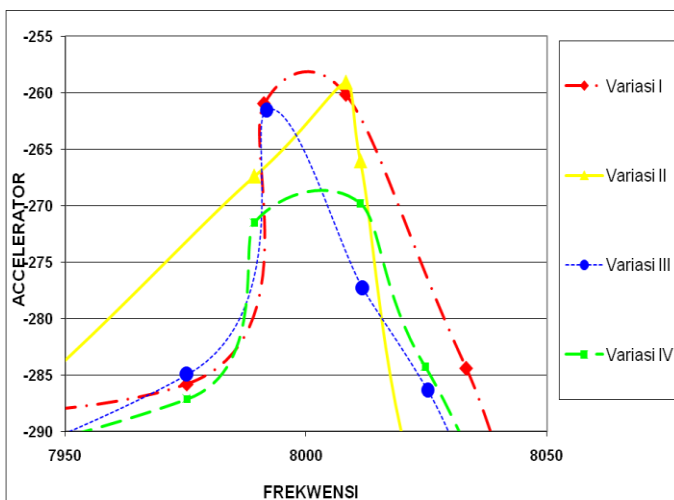
**Gambar 16. Tabel accelerometer tertinggi posisi E**

Variasi Impeler	Frakwensi Hz	Accelerometer Tertinggi (m/s <sup>2</sup> )
Variasi I	8008. 25	-265. 11
Variasi II	8011. 25	-264. 63
Variasi III	8008. 25	-266. 18
Variasi IV	7989. 25	-261. 854

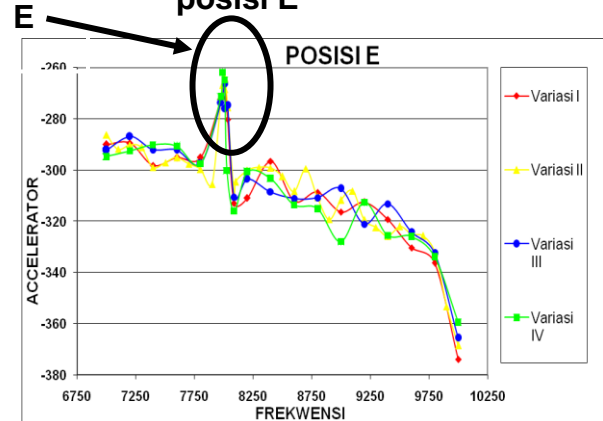
**Gambar 14. Hubungan frekwensi dan accelerometer posisi D**



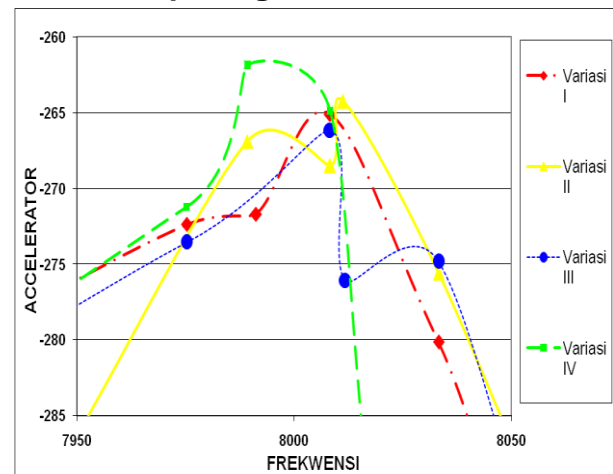
**Gambar 15. pembesaran area D pada gambar 14**



**Gambar 17. Hubungan frekwensi dan accelerometer posisi E**



**Gambar 18. pembesaran area E pada gambar 17**



## KESIMPULAN

1. Fenomena kavitasi pada alat uji penelitian ini belum terpenuhi. Hal ini dikarenakan tekanan terukur sisi suction pompa masih lebih besar dari tekanan uap jenuhnya. Sedangkan kavitasi terjadi jika tekanan pada suction pompa lebih kecil dari tekanan uap jenuhnya. Sehingga getaran yang terdeteksi bukan merupakan akibat terjadinya kavitasi.
2. Kerusakan impeler sangat berpengaruh terhadap tekanan pompa sentrifugal baik tekanan keluar pompa maupun tekanan isap pompa. Hal ini dikarenakan semakin besar kerusakan impeler pompa maka tekanan pompa akan semakin turun. Sehingga kerja pompa sentrifugal tidak maksimal.
3. Kenaikan tertinggi nilai accelerometer pada masing-masing posisi penempatan accelerometer berbeda-beda. Hal ini disebabkan karena penempatan accelerometer pada sisi pompa sentrifugal ditempatkan pada sisi yang berbeda sehingga kerusakan impeler tidak berpengaruh terhadap kenaikan tertinggi nilai accelerometer.